ÉTUDE DES RELATIONS ENTRE LA FLORE FONGIQUE ET QUELQUES ESPÈCES D'ORIBATES (ACARI)

R. MIGNOLET

Laboratoire d'Écologie animale,
Université catholique de Louvain,
Naamsestraat 59, B-3000 Louvain (Belgique)

I. — INTRODUCTION

Bon nombre d'auteurs se sont attachés à l'étude de l'alimentation des Oribates SCHUSTER (1956) a proposé de diviser les Oribates en trois groupes selon leur régime alimentaire : macrophytophages, microphytophages et non spécialisés ; les premiers se nourrissent de feuilles en décomposition et de bois mort, les seconds de pollen, d'algues, de lichen et surtout de microchampignons. Par non spécialisés, on entend les Oribates dont le régime alimentaire n'est pas établi avec précision, ou ceux dont la nutrition s'apparente à la fois aux types macro- et microphytophages. Cette classification est généralement admise bien que plusieurs auteurs aient signalé certaines composantes animales dans l'alimentation des Oribates (nécrophagie, coprophagie, prédation).

La part prise par les champignons dans le régime alimentaire des microphytophages a été soulignée à plusieurs reprises, notamment par WALLWORK (1958), HARTENSTEIN (1962), MACFADYEN (1964), FARAHAT (1966) et RAJSKI (1966). Inversement, on sait que les Microarthropodes favorisent grandement, en les disséminant, le métabolisme des Microorganismes. L'efficacité de ces organismes est, en effet, limitée par de nombreux facteurs (faible pouvoir de dispersion, pénétration lente des substrats, spécificité d'implantation, agents antibiotiques, sénescence des colonies...) et l'extension qu'ils connaissent est fortement catalysée par la dissémination que leur assurent les Arthropodes (GHILAROV, 1963 ; MACFADYEN, 1964).

Peu d'auteurs se sont cependant intéressés à la spécificité des relations entre les Oribates et la flore fongique. HARTENSTEIN (1962) a procédé à des expériences de choix en laboratoire. FARAHAT (1966) à partir d'analyses du contenu digestif, d'examens microscopiques des fèces et d'élevages sur cultures artificielles, a montré que certains Oribates se nourrissent d'hyphes et de spores fongiques, d'autres uniquement d'hyphes ou de spores.

Notre étude a porté sur trois espèces d'Oribates : *Damaeus onustu*, C. L. KOCH

(1841), *Euzetes globulus*, NICOLET (1855), *Nothrus palustris*, C. L. KOCH (1839). SCHUSTER (1956), considère le premier comme microphytophage, le dernier comme macrophytophage (confirmé notamment par LEBRUN, 1968, 1969) ; *Euzetes globulus* est considéré comme non-spécialisé. Signalons que BERTHET (1964) n'est pas parvenu à nourrir cette dernière espèce de feuilles mortes. Contrairement à ce qui a été réalisé précédemment, les espèces fongiques avec lesquelles nous avons confronté ces trois espèces d'Oribates provenaient des biotopes desquels ils étaient extraits.

Le point essentiel que nous désirions montrer était : l'existence d'une sélectivité dans l'alimentation fongique de certains Oribates.

II. — TECHNIQUES

En vue de vérifier le bien-fondé de cette hypothèse, nous avons mis au point deux méthode expérimentales : mise en culture de fèces et expériences de choix en laboratoire.

Secondairement nous désirions vérifier si l'étude de leurs fèces est un moyen d'approche valable de l'alimentation fongique des Oribates. Les moisissures isolées au cours de cette expérience étaient utilisées pour les expériences de choix.

1. — *Mise en culture des fèces*

Des animaux fraîchement extraits sont lavés à l'eau stérile additionnée d'un agent mouillant (Tween 80) puis placés dans des cupules d'élevage aseptisées (avec plâtre de Paris) et saturées en eau stérile. Après quelques jours, les déjections des animaux sont recueillies à l'aide d'une aiguille montée, préalablement passée à la flamme du Bunsen. Afin d'assurer une bonne disper-

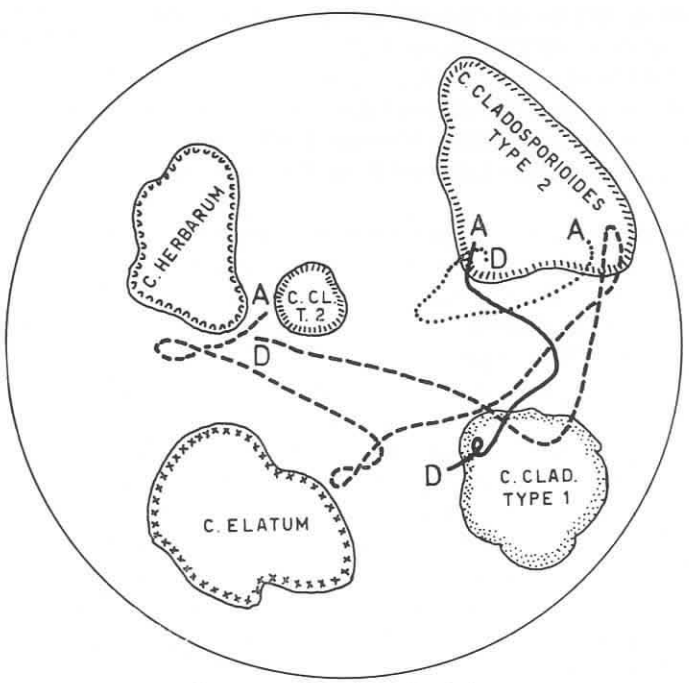

FIG. 1. — *Expérience de choix*

sion des spores, les fèces sont diluées dans 1 ml d'eau stérile et la solution obtenue est versée sur un milieu de culture à base de glucose, asparagine et extrait de levure. Les moisissures qui se développent sont isolées en tube et identifiées.

2. — *Expérience de choix*

Quatre espèces fongiques différentes sont inoculées en pourtour d'une plaque de Petri sur milieu de MEYER (1959). Dès que les colonies ont atteint une taille suffisante, on place au centre de la plaque 5 Oribates de la même espèce. Les déplacements des animaux sont suivis soit par observations directes, soit sur films (1 photo prise toutes les minutes pendant 6 heures). Au bout de 48 heures, on relève les traces de repas et le nombre de fèces sur chaque colonie. Les animaux sont alors enlevés. Les plaques, conservées encore quelques jours, sont finalement examinées en vue de déterminer les espèces fongiques qui ont fait l'objet d'une dissémination.

3. — *Autres observations*

En vue de vérifier le bien-fondé de la division en catégories alimentaires des 3 espèces d'Oribates étudiées, nous avons procédé à quelques observations supplémentaires : nous mettions en présence des animaux des inoculums fongiques et un choix de débris végétaux.

4. — *Discussion des méthodes*

La principale objection rencontrée pour l'emploi de la mise en culture des fèces comme moyen d'étude de la spécificité alimentaire peut se formuler comme suit : si l'animal rejette un certain matériel fongique, c'est qu'il n'est pas adapté à l'assimiler ou, en d'autres termes, que les moisissures rejetées ne font pas partie de la nourriture habituelle de ces animaux. Le bien-fondé de cette objection ne pouvait être discuté qu'au vu des résultats des expériences de choix, les seules données que l'on puisse tirer de la seule mise en culture des fèces étant l'abondance éventuelle d'une même espèce fongique dans les déjections d'une espèce d'Oribates déterminée.

Comme nous l'avons signalé, le choix de moisissures offert aux animaux provenait de leurs fèces, ce qui présente l'avantage de respecter les conditions biotopiques naturelles.

Enfin, un des buts des expériences de choix supplémentaires (mise en présence de débris végétaux) était de déterminer dans quelle mesure les études de choix précédentes pourraient être considérées comme correspondant aux conditions naturelles. On a en effet observé (BERTHET, 1964 ; MIGNOLET, 1970) des animaux se nourrissant de papier-filtre ou du milieu de culture.

III. — RÉSULTATS

Le tableau 1 énumère les espèces fongiques obtenues pour les différentes espèces d'Oribates à partir de la mise en culture des fèces.

Les chiffres correspondent au nombre d'individus de chaque espèce à partir desquels on a observé le développement des espèces fongiques rapportées dans la première colonne.

Les tableaux 2, 3 et 4 rapportent les résultats de nos études de choix de moisissures.

Au cours d'études de choix alimentaire plus larges, nous avons constaté le regroupement des individus des espèces *Damaeus onustus* et *Euzetes globulus* autour des inoculums fongiques, et le « dédain » manifesté par ces mêmes animaux pour les autres structures végétales environnantes. Bien que maintenu à jeun pendant une semaine, *Euzetes globulus* a laissé vierges les colonies de *Penicillium* que nous lui avions présentées (tabl. 3, plaque 2), préférant se nourrir du milieu de culture. Les fèces de *Nothrus palustris* obtenues au cours des expériences de choix (B) se sont révélées constituées essentiellement d'agar, les individus de cette espèce se désintéressant complètement des inoculums fongiques.

TABLEAU I

Espèces fongiques disséminées par les fèces

	Damaeus onustus	*Euzetes globulus*	*Nothrus palustris*
Cladosporium elatum			1
Cladosporium herbarum			1
cladosporioides type 1	2		
cladosporioides type 2			1
Ceratocystis sp.	1		
Chloridium chlamidosporium	1		
Fusarium sp			1
Isaria cretacea		1	
*Cephalosporium mycophylum**	4		
Cephalosporium sp. 1	1		
Cephalosporium sp. 2	2	1	
Mortierella ramanniana	2		
gr *bainieri*		1	
gr *isabellina*		1	1
Pachybasium niveum	1		
Penicillium sp. 1	1		
Penicillium sp. 2	1		
Penicillium sp. 3	1		
Penicillium sp. 4		3	
Penicillium sp. 5		2	
Penicillium sp. 6		1	
Penicillium sp. 7		1	
Penicillium sp. 8			2
Penicillium sp. 9			1
Penicillium sp. 10			2
Penicillium sp. 11			2
Penicillium sp. 12		2	
Penicillium sp. 13		1	
*Pullularia pullulans***			1
Mucor sp. 2	2	2	
Mucor sp. 1	1		
Phialophora sp.			1
Phoma herbarum			1
Dematiacee G. sp.		1	

* = *Nectria viridescens.*
** = *Aureobasidium pullulans.*

IV. — DISCUSSION

Le but de notre travail était de mettre en évidence l'existence d'une spécificité alimentaire fongique (Hypothèse 1). Cette spécificité se manifeste chez *Damaeus onustus* qui, parmi les moisissures qui lui sont présentées, se nourrit préférentiellement de diverses espèces de *Cladosporium* de *Phoma* et de *Mortierella*, alors qu'il refuse des

espèces telles que *Pullularis pullulans*, *Isaria cretacea* et quelques *Penicillium*. D'une façon plus nette, ces mêmes moisissures ou des espèces voisines sont préférées par *Euzetes globulus*. Par contre, *Nothrus palustris* ayant refusé toute nourriture fongique, il nous fut évidemment impossible de mettre en évidence cette sélectivité chez lui.

TABLEAU 2

Expériences de choix damaeus onustus

Plaque n°	Colonie fongique	*a* Comportement	*b* Traces de repas	*c* Fèces	*d* Dissémination
1	*Cladosporium herbarum*	A 1	0	0	N
	Cladosporium elatum	C	0	0	N
	Cladosporium cladosp. type 1	A 1 B 2	5	3	F
	Cladosporium cladosp. type 2	A 4	15	8	I
2	*Phoma herbarum*	A 2 B	7	10	I
	Pullularia pullulans	B 3	0	4	F
	Nectria viridescens	B 2	0	0	N
3	*Mortierella ramanniana*	A 3 B 1	6	5	I
	Pullularia pullulans	C	0	0	N
	Nectria viridescens	B 3	8	10	N
	Chloridium chlamidosp.	A 1 B 2	3	1	N
4	*Mortierella ramanniana*	A 1 B 1	7	3	N
	Penicillium sp. 1	A 1 B 2	8	3	I
	Mucor sp. 1	C	0	1	N
	Phoma herbarum	A 4	16	12	I
5	*Fusarium* sp. 2	B 1	0	1	F
	Isaria cretacea	B 1	0	1	N
	Pachybasium niveum	C	0	0	N
	Cladosporium cladosporioides type 1 .	A 3	10	15	I
6	*Pachybasium niveum*	C	0	0	N
	Penicillium sp[1]	B 1	0	4	F
	Cladosporium cladosp. type 1	A 5	10	19	F

Explication des symboles utilisés :
Colonne (*a*) : A : séjour prolongé B : séjour court C : séjour nul.
Exemple : A 3 signifie séjour prolongé de trois individus.
Colonne (*c*) : nombre de fèces à l'intérieur ou aux alentours immédiats des colonies correspondantes.
Colonne (*d*) : dissémination : I = importante F = faible N = nulle.

On constate de plus que la seconde hypothèse ne se vérifie pas dans les cas d'*Euzetes globulus* et de *Nothrus palustris*. En effet, ces animaux délaissent parmi les moisissures qu'on leur présente, les espèces isolées de leurs fèces. L'alimentation fongique de *Damaeus onustus* semble, par contre, correspondre assez exactement avec les espèces précédemment décelées dans leurs déjections.

TABLEAU 3

Euzetes globulus

Plaque n°	Colonie fongique	*a* Comportement	*b* Traces de repas	*c* Fèces	*d* Dissémination
1	*Phoma herbarum*	A 3	13	9	F
	Isaria cretacea	C ⁄	0	0	N
	Penicillium sp.4.....	C ⁄	0	0	F
	Cladosporium cladosp. 1	A 2	7	10	I
2	*Penicillium* sp.4	A 2	0	0	I
	Penicillium sp.5	B 2	2	3	I
	Penicillium sp.6	C ⁄	0	0	I
	Penicillium sp.7	C ⁄	0	0	I
3	*Cladosporium elatum*	A 1	1	5	F
	Cladosporium herbarum	A 3	16	19	I
	Pullularia pullulans	C ⁄	0	0	N
	Penicillium sp.4.....	B 1	0	0	F
4	*Phoma herbarum*	A 4	18	10	N
	Isaria cretacea	C ⁄	0	0	N
	Penicillium sp.4.....	B 1	0	0	F
	Cladosporium cladosporioides type 2 .	B 1	0	0	N
5	*Mortierella isabellina*	B 1	0	0	N
	Mortierella ramanniana	A 3	10	4	F
	Cephalosporium sp.2	C ⁄	0	0	N
	Fusarium sp	B 2	2	2	F

(1) De nombreuses fèces ont été observées mais elles étaient toutes constituées d'agar.

Il semble donc que l'étude des moisissures disséminées par voie fécale n'est un moyen d'approche intéressant (pour l'étude de l'alimentation fongique des Oribates) que dans le cas d'espèces réellement microphytophages.

Le fait que *Damaeus onustus* et *Euzetes globulus* fassent leur choix parmi les moisissures présentées, le fait que ces mêmes espèces se soient groupées autour des inoculums fongiques plutôt qu'autour de débris végétaux qui leur étaient présentés simultanément, le fait qu' *Euzetes globulus* ait refusé 4 espèces de *Penicillium* (tabl. 3, plaque 2) préférant se nourrir d'agar, le fait enfin que les moisissures présentées aux animaux provenaient des biotopes réels de ces animaux, plaident en faveur de la validité de nos expériences de choix et du caracère naturel que nous avons voulu leur conserver

TABLEAU 4

Nothrus palustris

Plaque N°	Espèces fongiques	*a* Comportement	*b* Traces de repas	*c* Fèces	*d* Dissémination
1	*Cladosporium cladosp.* type 2	A 1	0	0	N
	Phoma herbarum	A 4	0	0	F
	Penicillium sp[1]	C	0	0	N
	Isaria cretacea	B 1	0	0	F
2	*Mortierella isabellina*	C	0	0	N
	Cladosporium cladosp. 2	A 3	0	0	I
	Fusarium sp	C —	0	0	N
	Pullularia pullulans	B 1	0	0	F
3	*Penicillium* sp[1]	A 3	0	0	F
	Penicillium sp[11]	A 1	0	0	F
	Penicillium sp[11]	B 1	0	0	F
	Penicillium sp[11]	C	0	0	N
4	*Mortierella ramanniana*	B 1	0	0	N
	Cladosporium elatum	C —	0	0	N
	Bactérie blanche.....	A 1	0	0	I
	Bactérie crème	C —	0	0	N

V. — CONCLUSIONS

Au cours de ce travail, il a été vérifié :

— l'existence d'une dissémination endozoochorique des moisissures par les Oribates et l'attractivité exercée par ces microorganismes sur les Oribates ;

— l'existence d'une spécialisation alimentaire chez les espèces étudiées.

Il a été établi :

— l'existence d'un choix dans l'alimentation fongique des espèces *Damaeus onustus* et *Euzetes globulus* ;

— la spécification de ce choix : *Phoma herbarum* et *Cladosporium* sp. dans les deux cas.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement M. le Professeur DEBAUCHE qui a bien voulu diriger notre recherche. Les conseils et critiques de M. le Professeur BERTHET nous furent d'un grand secours. Notre gratitude s'adresse également à M. le Professeur HENNEBERT à qui nous devons nos connaissances de la taxomonie fongique et à M. le Professeur MEYER pour ses encouragements et ses conseils. M. WEYERS nous a initié aux techniques photographiques. Nous devons à MM. GÉRARD et LEBRUN une bonne partie de notre formation écologique et notre désir de rigueur scientifique.

SUMMARY

RELATIONS BETWEEN MOSS MITES AND FUNGI

This paper deals with the relations between moss-mites and fungi. Two types of experiments were used to test the specificity of fungal nutrition of three species of Oribatei : *Damaeus onustus* (C. L. Koch, (1841), *Euzetes globulus* (Nicolet, (1855) and *Nothrus palustris* (C. L. Koch, 1839). These experiments are : culture of fecal pellets and feeding preferences.

The presence of fungal spores in the droppings of these *Oribatei* was examined (table 1). Culture of droppings coming fromm icrophytophagous mites seemed to gives ome insight in to the feeding preferences of these animals in the field. However, for macrophytophagous and unspecialized *Oribatei*, the technique did not give any information on feeding specificity : these species did not eat the fungi obtained from their feaces (tables 2, 3 and 4).

It appeared that *Damaeus onustus*, microphytophagous mite, ate *Phoma herbarum* and *Cladosporium* sp. preferentially. We observed that fungi were very attractive for *Euzetes globulus*, which seemed to prefer the same fungal species as *Damaeus onustus*. It was not observed that *Nothrus palustris* fed upon fungi. The fungal species found in its droppings, seemed to be taken by this species during eating of decaying leaves.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Berthet P., 1964. Étude de l'activité des Oribatides (Acari, Oribatei) d'une chênaie. *Mém. Inst. Sci. Nat. Belgique*, **153**, 152 pp.

Farahat A. Z., 1966. Studies on the influence of some fungi on Collembola and Acari. *Pedobiologia*, **6**, 258-168.

Ghilarov M. S., 1963. *On the interrelations between soil dwelling invertebrates and soil microorganisms, in Soil Organisms*. Doeksen-Van der Drift ed, N. Holland Publ. Co. Amsterdam, p. 255-259.

Hartenstein R., 1962. Feeding specificity among Forest soil Oribatei (Acarina). *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **155**, 202-206.

Lebrun Ph., 1968. Écologie et biologie de *Nothrus palustris* C. L. Koch 1939 (Acarien, Oribate). *Pedobiologia*, **8**, 223-238.

Lebrun Ph., 1969. Ecologie et biologie de *Nothrus palustris* C. L. Koch (Acarien, Oribate). Densité et structure de la population. *Oikos*, **10**, 34-40.

Macfadyen A., 1964. Relations between mites and microorganisms, and their significance in soil biology. *Acarologia*, fasc. h.-s., 147-149.

Meyer J. A., 1959. Moisissures du sol et des litières de la région de Yazambi. *Public. I. N. E. A. C.*, série scientifique 75, 211 pp.

Mignolet R., 1970. *Étude des relations entre la flore fongique et quelques espèces d'Oribates (Acari : Oribatei)* Mém. Dact. non édité. Louvain, 72 pp.

Rajski A., 1966. Nutritional relations in Moss-mites (Acari, Oribatei). *Problems of Acarology*, Ac. Sc. Pologne, 246-247.

Schuster R., 1956. Der Anteil der Oribatiden an den Zerset Zungsworgängen im Boden. *Zeit. Morph. Okol. Tiere.*, **45**, 1-33.

Wallwork J., 1958. Notes on the feeding behaviour of some forest soil. Acarina. *Oikos*, **9**, 260-271.

DISCUSSION

P. Lebrun : Vous avez très judicieusement rappelé le régime alimentaire des Oribates que vous avez étudiés en les classant selon la terminologie de Schuster. Il semble peu surprenant de constater que dans les fèces de *Nothrus palustris*, espèce macrophytophage, vous trouviez en grand nombre des spores fertiles, mais ces spores appartiennent à des espèces différentes de celles rencontrées dans les fèces des autres Acariens.

Comment expliquez-vous ces observations?

R. MIGNOLET : Les difficultés de mise au point des manipulations et de taxonomie fongique nous ont forcés à réduire le nombre d'espèces d'Oribates, et d'individus par espèce, étudiés, de sorte qu'en poursuivant l'expérience il est probable que nous aurions trouvé davantage de moisissures disséminées par cette espèce, dont certaines correspondant à celles disséminées par *Damaeus* et *Euzetes*.

H. M. NAGEL DE BOOIS : Were the fungal species which are digested by *Damaeus onustus* and *Euzetes globulus*, according to table 2 and 3, present in the food from which the faeces, analyzed in table 1, are obtained?

R. MIGNOLET : Oui, la comparaison avec le tableau 1 le montre : dans le cas de *Damaeus onustus* 5 des 6 espèces préférées provenaient des fèces de la même espèce. Dans le cas d'*Euzetes globulus*, 4 des 5 espèces préférées provenaient des déjections de cette espèce.

H. M. NAGEL DE BOOIS : What is the fertility of the faeces from the species that seem to be attractive for the mites?

R. MIGNOLET : Le but de mon travail n'était pas de voir ce que deviennent les spores après passage dans le tube digestif des Oribates. Il était purement qualitatif.

K. H. DOMSCH : The fungal species listed in the paper are typical members of the epiphytic micoflora living saprophytically on leaf surfaces. They do not penetrate living, actively metabolizing tissue.

It should be of interest to include some plant pathogenic fungi in further experiments.

G. J. F. PUGH : Certain fungi are able to colonize the interior of living leaves. *Aureobasidium*, for example, can be isolated from living leaves of sycamore from early in the growing season ; *Cladosporium* can be isolated from the interior by early August, from apparently healthy leaves, although perhaps they are in an early stage of senescence by them.

A. RUSSELL-SMITH : I have observed *Damaeus onustus* feeding on a fungus growing on the aerial parts of *Mercurialis perennis*. Unfortunatly I do not know whether this was a pathogen or a secondary saprophyte. Have you observed this species feeding on fungi on the aerial parts of plants?

R. MIGNOLET : Non, les moisissures que nous lui présentions croissaient sur milieu de culture et non sur les plants.

I. N. HEALEY : 1° In the cases in which fungi are disseminated by the faeces of Oribatids in your experiments, do the fungal colonies derive from spores or hyphal fragments?

2° Do the Oribatid species that you studied tend to select for food groups of fungal species with hyphae of similar morphology or some other property ?

R. MIGNOLET : 1° Les fèces d'Oribates étaient écrasées dans de l'eau stérile. La solution obtenue était versée sur le milieu de culture. Il était alors impossible de déterminer quel fragment fongique donnait naissance aux colonies.

2° Les Oribates dont j'ai observé l'activité alimentaire semblaient se nourrir essentiellement de la partie hyphale du champignon.

Ils semblaient s'attaquer préférentiellement à la partie non sporulante des colonies fongiques que nous leur présentions.

P. W. MURPHY : Dr PUGH has remarked that Mr MIGNOLET's results suggest that the microphytophagous mites he has studied show a preference for fungi which colonize senescing leaves, *i. e.* occur early in the fungal decomposer succession. In this connection it is perhaps worth noting that some Oribatid species found in leaf litter may also occur on living vegetation, and it is possible that fungi of the type mentioned may be a food source for these species. I should like to ask Mr Mignolet whether the fungi referred to above occur on the surface of such leaves?

R. MIGNOLET : Le travail que j'ai réalisé fut un travail de laboratoire uniquement ; de plus les moisissures manipulées ne furent obtenues qu'à partir des fèces. Je n'ai donc pas fait d'observations sur les feuilles en nature ni procédé à des mises en culture à partir de débris végétaux.

K. H. DOMSCH : Fungi have developed two main mechanisms to survive : resting structures to survive in time and production of large numbers of propagules to survive in space. The contribution of mites to the dissemination of fungal units should not be exaggerated.

G. J. F. PUGH : *Cladosporium* and *Aureobasidium* are normally the most common filamentous fungi on living green leaves, and their chlamydospores and microsclerotia are abundant on leaf litter, so it is not surprising that they should be eaten by mites, whether the mites eat the litter of if they specifically eat the fungi.

R. MIGNOLET : Cette remarque est très juste. On constate au tableau 1 que *Nothrus palustris*, macrophytophage, a rejeté *Aureobasidium pullulans* et 3 espèces de *Cladosporium* qu'il a pu ingérer en mangeant des feuilles. Mais ce fait n'infirme pas la possibilité d'une spécificité alimentaire fongique car dans le cas de mycophages comme *Damaeus* nous avons observé un choix marqué d'espèces moins fréquentes comme *Phoma herbarum*, *Mortierella ramanniana*, voire même *Chloridium chlamidosporium* (tabl. 2).

Dans le cas d'*Euzetes globulus*, non spécialisé, la remarque du Dr PUGH s'applique à l'évidence, mais une fois de plus les moisissures en question font l'objet d'un choix.

G. J. F. PUGH : Fungi are significantly associated with the veins of living sycamore leaves and a similar association has been noted on lime leaves. It would be interesting to know if mites are also associated with the veins on these leaves.

R. MIGNOLET : Certains Oribates pénètrent dans les nervures des feuilles, mais on ne connaît pas le substrat dont ils se nourrissent.